

VEHICLE MOTION CONTROL DEVICE

Publication number: JP2000289595

Publication date: 2000-10-17

Inventor: ADACHI KAZUTAKA

Applicant: NISSAN MOTOR

Classification:

- International: B62D6/00; B60T8/172; B60T8/1755; B60T8/24; B60T8/58; B60W10/00; B60W10/18; B60W10/20; B62D6/04; B62D7/15; B62D101/00; B62D113/00; B62D137/00; B62D6/00; B60T8/17; B60T8/24; B60T8/58; B60W10/00; B60W10/18; B60W10/20; B62D6/04; B62D7/15; (IPC1-7): B60T8/24; B60K41/00; B60T8/58; B62D6/00; B62D101/00; B62D113/00

- European: B60T8/1755; B62D6/04; B62D7/15G

Application number: JP19990096427 19990402

Priority number(s): JP19990096427 19990402

Also published as:



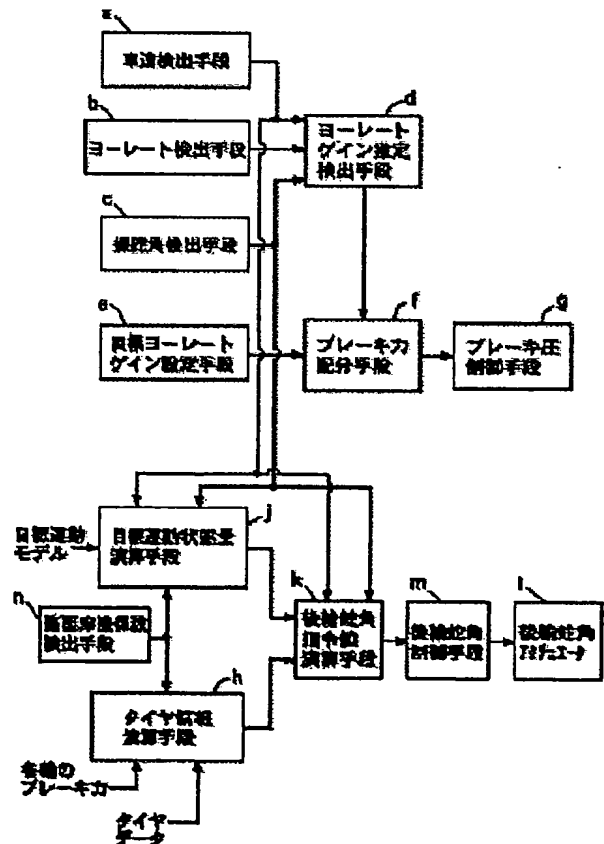
US6615124 (B1)

DE10016343 (A1)

Report a data error here

Abstract of JP2000289595

PROBLEM TO BE SOLVED: To provide the desired yaw rate output to a driver's steering input even in a turn limit running region by means of the damping characteristic of yaw rate which is not different from those under normal running conditions, without the possibility that the driver feels any malaise during steering. **SOLUTION:** This vehicle motion control device includes a braking force distribution means (f) and a braking pressure control means (g) which control the braking force on each wheel so that the deviation of an estimated detected value of yaw rate gain from the forget yaw rate gain is eliminated, and a rear wheel steering angle control means (m) and a rear wheel steering actuator (i) which control the steering angle of rear wheels so that a rear-wheel steering angle command value computed on the basis of the detected value of vehicle speed, the detected value of steering angle, the forget quantity of state of motion, tire information, and a previously measured model of the vehicle coincides with the actual rear-wheel steering angle.



(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開2000-289595

(P 2 0 0 0 - 2 8 9 5 9 5 A)

(43) 公開日 平成12年10月17日 (2000. 10. 17)

(51) Int. Cl. ⁷	識別記号	F I	テマコード (参考)
B60T 8/24		B60T 8/24	3D032
B60K 41/00		B60K 41/00	3D041
B60T 8/58		B60T 8/58	2 3D045
B62D 6/00		B62D 6/00	3D046
// B62D101:00			

審査請求 未請求 請求項の数 6 O L (全14頁) 最終頁に続く

(21) 出願番号 特願平11-96427

(22) 出願日 平成11年4月2日 (1999. 4. 2)

(71) 出願人 000003997

日産自動車株式会社

神奈川県横浜市神奈川区宝町2番地

(72) 発明者 安達 和孝

神奈川県横浜市神奈川区宝町2番地 日産
自動車株式会社内

(74) 代理人 100105153

弁理士 朝倉 悟 (外1名)

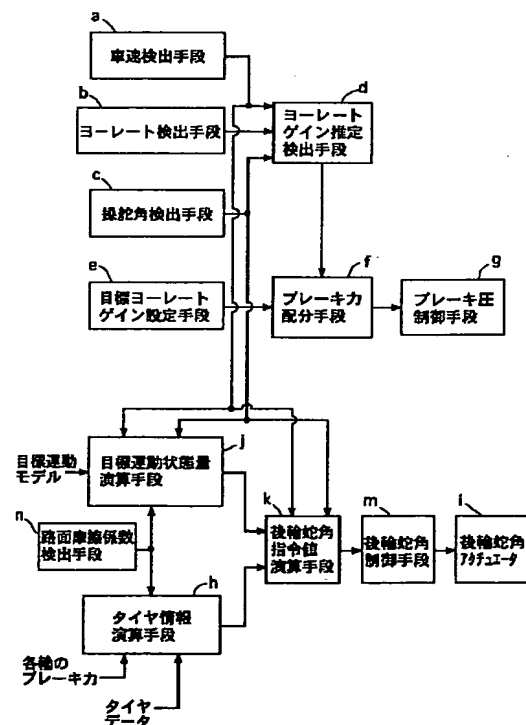
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 車両運動制御装置

(57) 【要約】

【課題】 通常の走行状態と変わらないヨーレートのダンピング特性により運転者に操舵違和感を与えることなく、旋回限界走行領域においてもドライバーの操舵入力に対して所望のヨーレート出力が得られる車両運動制御装置を提供すること。

【解決手段】 ヨーレートゲイン推定検出値と目標ヨーレートゲインとの偏差をなくすように各輪のブレーキ力を制御するブレーキ力配分手段 f 及びブレーキ圧制御手段 g と、車速検出値と操舵角検出値と目標運動状態量とタイヤ情報と予め測定した自車両のモデルとにより演算した後輪舵角指令値が実際の後輪舵角と一致するように後輪舵角を制御した後輪舵角制御手段 m 及び後輪駆動アクチュエータ i を備えた手段とした。



【特許請求の範囲】

【請求項 1】 車両の速度を検出する車速検出手段と、
車両のヨーレートを検出するヨーレート検出手段と、
ステアリング操舵角を検出する操舵角検出手段と、
前記車速検出値と前記ヨーレート検出値と前記操舵角検
出値により車両のヨーレートゲインを推定検出するヨー
レートゲイン推定検出手段と、
ヨーレートゲインの目標値を設定する目標ヨーレートゲ
イン設定手段と、
前記ヨーレートゲイン推定検出値と前記目標ヨーレート
ゲインとの偏差を低減するように各輪のブレーキ力指令
値を算出するブレーキ力配分手段と、
前記ブレーキ力指令値に応じて各輪のブレーキ圧を制御
するブレーキ圧制御手段と、
該各輪のブレーキ力と、予め測定したタイヤデータに基
づき車両の運動情報に関わるタイヤ情報を演算するタイ
ヤ情報演算手段と、
後輪を転舵する後輪転舵アクチュエータと、
車速検出値と、操舵角検出値と、目標運動モデルによ
り、目標運動状態量を演算する目標運動状態量演算手段
と、
車速検出値と、操舵角検出値と、目標運動状態量と、タ
イヤ情報と、予め測定した自車両のモデルとにより後輪
舵角指令値を演算する後輪舵角指令値演算手段と、
後輪舵角指令値が実際の後輪舵角と一致するように前記
後輪転舵アクチュエータを制御する後輪舵角制御手段
と、
を備えていることを特徴とする車両運動制御装置。

【請求項 2】 請求項 1 記載の車両運動制御装置におい
て、
前記目標運動状態量演算手段を、ヨーレートゲイン推定
検出値とタイヤ情報に基づき目標運動状態量の係数を決
定し、これらの係数が反映した目標運動モデルと、車速
検出値と、操舵角検出値により目標運動状態量を演算す
る手段としたことを特徴とする車両運動制御装置。

【請求項 3】 請求項 1 または請求項 2 記載の車両運動
制御装置において、
路面の摩擦係数を検出する路面摩擦係数検出手段を設
け、
前記タイヤ情報演算手段を、路面摩擦係数検出値と、各
輪のブレーキ力と、予め測定したタイヤデータに基づき
車両の運動情報に関わるタイヤ情報を演算する手段とし
たことを特徴とする車両運動制御装置。

【請求項 4】 請求項 1 または請求項 3 記載の車両運動
制御装置において、
路面の摩擦係数を検出する路面摩擦係数検出手段を設
け、
前記目標運動状態量演算手段を、路面摩擦係数検出値と
ヨーレートゲイン推定検出値とタイヤ情報に基づき目標
運動状態量の係数を決定し、これらの係数が反映した目

標運動モデルと、車速検出値と、操舵角検出値により目
標運動状態量を演算する手段としたことを特徴とする車
両運動制御装置。

【請求項 5】 請求項 1 または請求項 2 または請求項 4
記載の車両運動制御装置において、
路面の摩擦係数を検出する路面摩擦係数検出手段を設
け、
前記タイヤ情報演算手段を、路面摩擦係数検出値と、各
輪のブレーキ力と、各輪荷重と、検出された路面摩擦係
数における最大加速度とにより、円の方程式を用いてタ
イヤの最大コーナリングフォースを演算する手段とした
ことを特徴とする車両運動制御装置。

【請求項 6】 請求項 1 または請求項 2 または請求項 4
記載の車両運動制御装置において、
路面の摩擦係数を検出する路面摩擦係数検出手段を設
け、
前記タイヤ情報演算手段を、路面摩擦係数検出値と、各
輪のブレーキ力と、各輪荷重と、検出された路面摩擦係
数における最大加速度と、予め測定したタイヤの最大前
後力と横力の比により、楕円の方程式を用いてタイヤの
最大コーナリングフォースを演算する手段としたことを
特徴とする車両運動制御装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、ヨーレイトゲイン
を推定検出し、その検出値が目標ヨーレイトゲインと一
致するようにブレーキ力配分制御を行う車両運動安定制
御部と、ブレーキ力配分制御によるタイヤのコーナリン
グフォース等の情報に基づき車両のヨー及び横方向の運
動を制御する四輪操舵制御部を備える車両運動制御装置
の技術分野に属する。

【0002】

【従来の技術】従来、車両運動制御装置としては、例え
ば、特開平 5-105101 号公報に見られるように、
実際のヨーレートが目標ヨーレート特性に一致するよう
に前後輪の操舵角を制御する方法が提案されている。

【0003】

【発明が解決しようとする課題】しかしながら、上記従
来の車両運動制御装置にあつては、横加速度が大きい旋
回限界走行領域においても、車両に発生するヨーレートを
目標ヨーレート特性に一致させるように前後輪の操舵角
を制御する方法であるため、

(1) ドライバーの操舵量に関係なく目標ヨーレート特性
とするため、ドライバーに違和感を与えるおそれがある。

【0004】(2) 旋回限界走行領域においては、操舵角
の切り増しによるアンダーステア傾向減少効果は少な
い。

【0005】等の問題点がある。

【0006】そこで、上記問題を解決するべく、本出願

人は、特願平 10-266542 号の出願により、ヨーレートゲインを推定検出し、この推定検出値が目標ヨーレートゲインに一致するようにブレーキ力配分制御を行うことにより、旋回限界走行領域においてもスピンやドリフトアウトを防止しドライバーの操舵入力に対して所望のヨーレート出力が得られる装置を提案した。

【0007】しかしながら、この先行出願の発明にあっては、車両の定常ヨーレートゲインを目標定常ヨーレートゲインに一致させるようにブレーキ配分制御を行うため、摩擦円の概念からタイヤのコーナリングフォースが小さくなり、通常の走行状態に比べてヨーレートのダンピング特性が悪化してしまうことがある。このようにブレーキ力配分制御のみにより車両運動安定制御が行われると操舵特性が変わるため、運転者に違和感を与えてしまうことが予想される。

【0008】本発明が解決しようとする課題は、通常の走行状態と変わらないヨーレートのダンピング特性により運転者に操舵違和感を与えることなく、旋回限界走行領域においてもドライバーの操舵入力に対して所望のヨーレート出力が得られる車両運動制御装置を提供することにある。

【0009】

【課題を解決するための手段】上記課題の解決手段 1

(請求項 1) は、図 1 のクレーム対応図に示すように、車両の速度を検出する車速検出手段 a と、車両のヨーレートを検出するヨーレート検出手段 b と、ステアリング操舵角を検出する操舵角検出手段 c と、前記車速検出値と前記ヨーレート検出値と前記操舵角検出値により車両のヨーレートゲインを推定検出するヨーレートゲイン推定検出手段 d と、ヨーレートゲインの目標値を設定する目標ヨーレートゲイン設定手段 e と、前記ヨーレートゲイン推定検出値と前記目標ヨーレートゲインとの偏差を低減するように各輪のブレーキ力指令値を算出するブレーキ力配分手段 f と、前記ブレーキ力指令値に応じて各輪のブレーキ圧を制御するブレーキ圧制御手段 g と、該各輪のブレーキ力と、予め測定したタイヤデータに基づき車両の運動情報に関わるタイヤ情報を演算するタイヤ情報演算手段 h と、後輪を転舵する後輪転舵アクチュエータ i と、車速検出値と、操舵角検出値と、目標運動モデルにより、目標運動状態量を演算する目標運動状態量演算手段 j と、車速検出値と、操舵角検出値と、目標運動状態量と、タイヤ情報と、予め測定した自車両のモデルとにより後輪舵角指令値を演算する後輪舵角指令値演算手段 k と、後輪舵角指令値が実際の後輪舵角と一致するように前記後輪転舵アクチュエータ i を制御する後輪舵角制御手段 m と、を備えていることを特徴とする。

【0010】上記課題の解決手段 2 (請求項 2) は、請求項 1 記載の車両運動制御装置において、前記目標運動状態量演算手段 j を、ヨーレートゲイン推定検出値とタイヤ情報に基づき目標運動状態量の係数を決定し、これ

らの係数が反映した目標運動モデルと、車速検出値と、操舵角検出値により目標運動状態量を演算する手段としたことを特徴とする。

【0011】上記課題の解決手段 3 (請求項 3) は、図 1 のクレーム対応図に示すように、請求項 1 または請求項 2 記載の車両運動制御装置において、路面の摩擦係数を検出する路面摩擦係数検出手段 n を設け、前記タイヤ情報演算手段 h を、路面摩擦係数検出値と、各輪のブレーキ力と、予め測定したタイヤデータに基づき車両の運動情報に関わるタイヤ情報を演算する手段としたことを特徴とする。

【0012】上記課題の解決手段 4 (請求項 4) は、図 1 のクレーム対応図に示すように、請求項 1 または請求項 3 記載の車両運動制御装置において、路面の摩擦係数を検出する路面摩擦係数検出手段 n を設け、前記目標運動状態量演算手段 j を、路面摩擦係数検出値とヨーレートゲイン推定検出値とタイヤ情報に基づき目標運動状態量の係数を決定し、これらの係数が反映した目標運動モデルと、車速検出値と、操舵角検出値により目標運動状態量を演算する手段としたことを特徴とする。

【0013】上記課題の解決手段 5 (請求項 5) は、請求項 1 または請求項 2 または請求項 4 記載の車両運動制御装置において、路面の摩擦係数を検出する路面摩擦係数検出手段 n を設け、前記タイヤ情報演算手段 h を、路面摩擦係数検出値と、各輪のブレーキ力と、各輪荷重と、検出された路面摩擦係数における最大加速度とにより、円の方程式を用いてタイヤの最大コーナリングフォースを演算する手段としたことを特徴とする。

【0014】上記課題の解決手段 6 (請求項 6) は、請求項 1 または請求項 2 または請求項 4 記載の車両運動制御装置において、路面の摩擦係数を検出する路面摩擦係数検出手段 n を設け、前記タイヤ情報演算手段 h を、路面摩擦係数検出値と、各輪のブレーキ力と、各輪荷重と、検出された路面摩擦係数における最大加速度と、予め測定したタイヤの最大前後力と横力の比により、楕円の方程式を用いてタイヤの最大コーナリングフォースを演算する手段としたことを特徴とする。

【0015】

【発明の実施の形態】(実施の形態 1) 実施の形態 1 は請求項 1 ～請求項 5 に記載の発明に対応する。

【0016】まず、構成を説明する。

【0017】図 2 は実施の形態 1 の車両運動制御装置を示す全体システム図であり、1-1 は操舵角センサ(操舵角検出手段)、1-2 は車速センサ(車速検出手段)、1-3 はヨーレートセンサ(ヨーレート検出手段)、2-1 はブレーキアクチュエータ、2-2 は後輪転舵アクチュエータ、3-1 は車両運動制御コントローラである。

【0018】図 3 は実施の形態 1 の車両運動制御装置を示す制御ブロック図で、この図に従って概略を説明す

る。

【0019】前記操舵角センサ1-1は、ステアリング操舵角を検出し、前記車速センサ1-2は、車両の対地速度である車速を検出し、前記ヨーレートセンサ1-3は、車両のヨーレートを検出する。前記ブレーキアクチュエータ2-1は、車両運動制御コントローラ3-1からのブレーキアクチュエータ制御信号に応じて各輪にブレーキ圧を付与する。前記後輪転舵アクチュエータ2-2は、車両運動制御コントローラ3-1からの後輪転舵アクチュエータ制御信号に応じて後輪に舵角を付与す

る。

【0020】前記車両運動制御コントローラ3-1は、各センサ1-1、1-2、1-3からのセンサ信号を入力情報とし、ブレーキアクチュエータ2-1と後輪転舵アクチュエータ2-2を制御する電子制御手段である。

【0021】定常ヨーレートゲイン推定検出部501（ヨーレートゲイン推定検出手段）は、車速センサ1-2からの車速検出値とヨーレートセンサ1-3からのヨーレート検出値と操舵角センサ1-1からの操舵角検出値により車両の定常ヨーレートゲインを推定検出する。

【0022】目標定常ヨーレートゲイン設定部502（目標ヨーレートゲイン設定手段）は、車速センサ1-2からの車速検出値に応じて目標定常ヨーレートゲインを設定する。

【0023】ブレーキ力配分制御部503（ブレーキ力配分手段）は、前記定常ヨーレートゲイン推定検出値と前記目標定常ヨーレートゲインとの偏差に基づき、その偏差をなくすように各輪のブレーキ力指令値を算出する。

【0024】ブレーキ圧制御部504（ブレーキ圧制御手段）は、実際のブレーキ圧がブレーキ力指令値に一致するようにブレーキアクチュエータ制御信号をブレーキアクチュエータ4へ出力する。

【0025】コーナリングフォース推定演算部510（タイヤ情報演算手段）は、車速、操舵角、ヨーレート、ブレーキ圧指令値の信号及び予め測定したタイヤデータに基づき、タイヤのコーナリングパワー及び最大コーナリングフォースを推定演算する。

【0026】目標運動状態量演算部511（目標運動状態量演算手段）は、車速、操舵角、ヨーレート、推定コーナリングパワー及び最大コーナリングフォース（定常ヨーレートゲイン推定検出値）から、四輪操舵制御の目標値を演算するための各定数を設定する。そして、目標運動モデル定数と、車速、操舵角信号から目標運動状態

量を算出する。

【0027】後輪舵角指令値演算部512（後輪舵角指令値演算手段）は、目標運動状態量、最大コーナリングフォース推定演算値、予め測定した自車両モデルから、後輪舵角指令値を演算する。

【0028】後輪舵角制御部513（後輪舵角制御手段）は、実際の後輪舵角が後輪舵角指令値に一致するように後輪転舵アクチュエータ2-2に制御信号を出力する。

【0029】次に、作用を説明する。

【0030】〔定常ヨーレートゲイン推定について〕定常ヨーレートゲイン推定検出部501での検出方法について説明する。

【0031】本実施の形態1では、重み付最小二乗法を用いて、操舵入力に対するヨーレート出力伝達特性の各パラメータを算出し、定常ヨーレートゲインを求めた。操舵入力に対するヨーレート出力伝達特性は、ヨーイングと横方向の2自由度車両モデルを用いて1次/2次の形とした。

【0032】前輪のステアリング機構の動特性、ローリング運動およびタイヤの動特性を無視すると、車両のヨーイングと横方向からなる平面運動は、次のように線形化して表すことができる。

【0033】

【式1】

$$I_z \ddot{\psi} = 2L_f C_f - 2L_r R_r \quad \dots (1)$$

$$M \dot{V}_y = -M V \dot{\psi} + 2C_f + 2C_r \quad \dots (2)$$

ただし、

$$C_f = e K_f \{ \theta_s / N - (V_y + L_f \dot{\psi}) / V \}$$

$$C_r = K_r \{ \delta_r - (V_y - L_r \dot{\psi}) / V \}$$

自動車の平面運動の状態ベクトルを $x(i)$ 、入力を操舵角 $\theta(i)$ 、後輪舵角を δ_r 、として、次のように定義する。

【0034】

【式2】

$$x^T = [\dot{\psi} \quad V_y] \quad \dots (3)$$

$$u^T = [\theta_s \quad \delta_r] \quad \dots (4)$$

このとき、(1)、(2) 式は、次の状態方程式で表現できる。

【0035】

【式3】

7
ただし、 $\dot{X} = AX + Bu$... (5)

$$A = \begin{bmatrix} 2a_{11}/V & 2a_{12}/V \\ 2a_{21}/V-V & 2a_{22}/V \end{bmatrix}, \quad B = \begin{bmatrix} 2b_{11}/N & 2b_{12} \\ 2b_{21}/N & 2b_{22} \end{bmatrix}$$

$$a_{11} = -(L_F^2 eK_F + L_R^2 K_R) / I_z$$

$$a_{12} = -(L_F eK_F - L_R K_R) / I_z$$

$$a_{21} = -(L_F eK_F - L_R K_R) / M$$

$$a_{22} = -(eK_F + K_R) / M$$

$$b_{11} = L_F eK_F / I_z$$

$$b_{12} = -L_R K_R / I_z$$

$$b_{21} = eK_F / M$$

$$b_{22} = K_R / M$$

[記号の説明]

$\dot{\psi}$: ヨーレート
 V_y : 横方向速度
 M : 車両質量
 V : 車速
 I_z : ヨー慣性モーメント
 L_F : 前軸～重心間距離
 L_R : 後軸～重心間距離

eK_F : 前輪等価コーナリングパワー
 K_R : 後輪コーナリングパワー
 C_F : 前輪コーナリングフォース
 C_R : 後輪コーナリングフォース
 θ_s : 操舵角
 δ_R : 後輪舵角
 N : ステアリングギア比

ヨーレートを出力として選ぶと、出力方程式は次式となる。

【0036】

【式4】

$$y = CX = \begin{bmatrix} 1 & 0 \end{bmatrix} X = \dot{\psi} \quad \dots (6)$$

(5), (6) 式の入出力関係は、微分オペレータ s ($= d/dt$) を用いて次式のように表すことができる。

【0037】

【式5】

$$A_P(s)\dot{\psi} = B_F(s)\theta_s + B_R(s)\delta_R \quad \dots (7)$$

ただし、

$$A_P(s) = s^2 - (a_{11} + a_{22})(2/V)s + (a_{11}a_{22} - a_{12}a_{21})(2/V)^2 + 2a_{12}$$

$$= s^2 - a_{y1}(2/V)s + a_{y01}(2/V)^2 + a_{y02}$$

$$B_F(s) = b_{11}(2/N)s + (-a_{22}b_{11} + a_{12}b_{21})(4/VN)$$

$$= b_{F1}(2/N)s + b_{F0}(4/VN)$$

$$B_R(s) = 2b_{12}s + (-a_{22}b_{12} + a_{12}b_{22})(4/V)$$

$$= b_{R1}s + b_{R0}(4/V)$$

ここで、次数2次の安定多項式 $F(s)$ を導入する。

【式7】

【0038】

【式6】

$$F(s) = s^2 + (f_0 + g_0)s + f_0g_0 \quad \dots (8)$$

(8) 式を用いて(7)式は次のように書き換えられる。

(9) 式を変形することにより、(10)式を得る。

【0040】

【0039】

【式8】

$$\dot{\psi} - \frac{(f_0 + g_0)s + f_0g_0}{F(s)} \dot{\psi} = \frac{1}{F(s)} \left\{ a_{y1}(2/V)s - a_{y01}(2/V)^2 - a_{y02} \right\} \dot{\psi}$$

$$+ \frac{1}{F(s)} \left\{ b_{F1}(2/N)s + b_{F0}(4/VN) \right\} \theta_s$$

$$+ \frac{1}{F(s)} \left\{ b_{R1}s + b_{R0}(4/V) \right\} \delta_R \quad \dots (10)$$

(10)式は等価的に(11)のように表すことができる。

【式9】

【0041】

$$\eta = \theta^T \xi \quad \dots (11)$$

ただし、

$$\eta = \psi - \{ (f_0 + g_0) s F(s)^{-1} + f_0 g_0 F(s)^{-1} \} \dot{\psi}$$

$$\theta^T = [a_{y1} \ a_{y01} \ a_{y02} \ b_{F1} \ b_{F0} \ b_{R1} \ b_{R0}]$$

$$\xi = [(2/V)s F(s)^{-1} \dot{\psi}, -(2/V)^2 F(s)^{-1} \dot{\psi}, F(s)^{-1} \dot{\psi}, (2/N)s F(s)^{-1} \theta_s, (4/VN)F(s)^{-1} \theta_s, sF(s)^{-1} \theta_s, (4/V)F(s)^{-1} \dot{\theta}_R]$$

以上のようにシステムの表現は、物理量との関係が分かりやすい連続時間形式とするが、パラメータ調整則は収束特性の良い離散時間系を用いる。(11)式に対応して以下のように同定器を設定する。

【0042】

【式10】

$$\eta = \hat{\theta}^T \xi \quad \dots (12)$$

ただし、

$$\hat{\theta}^T = [\hat{a}_{y1} \ \hat{a}_{y01} \ \hat{a}_{y02} \ \hat{b}_{F1} \ \hat{b}_{F0} \ \hat{b}_{R1} \ \hat{b}_{R0}]$$

サンプリング時間を ΔT とすると、 $t = k \cdot \Delta T$ ($k = 0, 1, 2, \dots$) 時点において、(11), (12) 式は、次のように表すことができる。

【0043】

【式11】

$$\eta(k) = \theta(k)^T \xi(k) \quad \dots (13)$$

$$\hat{\eta}(k) = \hat{\theta}(k)^T \xi(k) \quad \dots (14)$$

ここで同定則として重み付の最小二乗法を用いる。

【0044】

【式12】

$$\hat{\theta}(k+1) = \hat{\theta}(k) + \frac{\beta(k) \Gamma(k) \xi(k) \varepsilon(k)}{\sigma + \xi(k)^T \Gamma(k) \xi(k)} \quad \dots (15)$$

$$\Gamma(k+1) = \Gamma(k) - \frac{\beta(k) \Gamma(k) \xi(k) \xi(k)^T \Gamma(k)}{1 + \xi(k)^T \Gamma(k) \xi(k)} \quad \dots (16)$$

$$\varepsilon(k) = \eta(k) - \hat{\eta}(k) = \theta(k)^T \xi(k) - \hat{\theta}(k)^T \xi(k) \quad \dots (17)$$

ただし、

$$\Gamma(0) = \Gamma(0)^T > 0, 0 \leq \beta(k) < 2$$

※本例では簡単のため、 $\beta(k) = 1$ 、 $\sigma = 1$ とした。

【0045】以上の演算により、ヨーレート伝達特性の各パラメータ θ^T を求めることができる。

【0046】ヨーレートゲインは操舵入力 θ_s に対するヨーレート出力の関係であり、(7)式を変形して(18)式で表すことができる。演算を簡単にするため、後輪舵角によるヨーレート変化分もヨーレート出力に含まれる形として、後輪舵角 δ_s に関する項を省いている。

【0047】

【式13】

$$\frac{\psi}{\theta_s} = \frac{B_F(s)}{A_F(s)} \quad \dots (18)$$

すると、(7)式以降のパラメータ同定演算は、後輪舵角 δ_s に関する部分を省略でき、より演算が簡単になる。

求めるパラメータは(19)式となる。

【0048】

【式14】

$$\hat{\theta}^T = [\hat{a}_{y1} \ \hat{a}_{y01} \ \hat{a}_{y02} \ \hat{b}_{F1} \ \hat{b}_{F0}] \quad \dots (19)$$

定常ヨーレートゲインは(20)式となる。

【0049】

【式15】

$$\frac{\psi}{\theta_s} = \frac{B_F(s)}{A_F(s)} = \frac{b_{F1}(2/N)s + b_{F0}(4/VN)}{s^2 - a_{y1}(2/V)s + a_{y01}(2/V)^2 + a_{y02}}$$

$$\frac{\psi}{\theta_s} = \frac{b_{F0}(4/VN)}{a_{y01}(2/V)^2 + a_{y02}} = Y_G \quad \dots (20)$$

(20)式の演算をサンプリング時間毎に行なうことで、リアルタイムにヨーレートゲインが推定できる。各パラメータは、車速 V (V を陽に表現している) ため、車速変化による影響を受けにくい形となっている。

【0050】【目標定常ヨーレートゲイン設定について】目標定常ヨーレートゲイン設定部502では、走行状態(車速)に応じて目標となる定常ヨーレートゲインが設定される。

【0051】本実施の形態1では、図4に示すように、車両のスタビリティファクタが常に一定となるように、車速に応じて目標ヨーレートゲインが設定される。

30 【0052】【ブレーキ力配分制御について】ブレーキ力配分制御部503では、目標ヨーレートゲインとヨーレートゲイン推定検出値の偏差をなくすように、前後のブレーキ力配分により前後輪のコーナリングフォースをバランスさせる制御が行なわれる。本実施の形態1-1では、ブレーキ力はPI制御により決定する。偏差の積分値 $ErrI$ と、偏差量 $ErrP$ にそれぞれゲイン $BrkI$, $BrkP$ を掛けた値をブレーキ力指令値 $Brkcom$ とする。

【0053】 $Brkcom = ErrI \times BrkI + ErrP \times BrkP$

$Brkcom > 0$ の場合は、実際のヨーレートゲインが目標ヨーレートゲインより小さい状態または小さい状態が続いた場合(アンダーステア傾向)であるため、後輪にブレーキをかけるようにブレーキ圧制御部504へ指令値を出力する。これは、後輪にブレーキをかけることにより後輪のコーナリングフォースを減少させ、相対的に前輪のコーナリングフォースが大きくなるようにして、アンダーステアを抑えている。

【0054】 $Brkcom < 0$ の場合は、実際のヨーレートゲインが目標ヨーレートゲインより大きい状態または大きい状態が続いた場合(オーバーステア傾向)であるた

め、前輪にブレーキをかけるようにブレーキ圧制御部504へ指令値を出力する。これは、前輪にブレーキをかけることにより前輪のコーナリングフォースを減少させ、相対的に後輪のコーナリングフォースが大きくなるようにして、オーバーステアを抑えている。

【0055】[ブレーキ圧制御について] ブレーキ圧制御部504では、ブレーキ液圧サーボ系を構成しており、各輪のブレーキ圧が指令値となるようにブレーキアクチュエータ4にアクチュエータ制御信号を出力する。

【0056】[コーナリングフォース推定演算について] コーナリングフォース推定演算部510では、定常ヨーレートゲイン推定検出値、予め測定した路面が高 μ

$$C_{F(or R)max} = \sqrt{\left\{ (g_{max} \cdot \mu_H \cdot M_{F(or R)} - f_{Ty}^2) \cdot \gamma_y^2 \right\}} \quad \dots (21)$$

ただし、

g_{max} ; 路面摩擦係数1の時のタイヤが発生できる前後加速度

μ_H ; 推定路面摩擦係数

$M_{F(or R)}$; フロント (またはリア) の輪荷重

f_{Ty} ; 制駆動力

γ_y ; タイヤが発生できる最大前後力に対する最大横力の比

[目標運動状態量演算について] 目標運動状態量演算部511では、操舵角信号 θ 、車速信号 V 及び予め設定されている目標モデルに基づき目標運動状態量を算出する。なお、四輪操舵制御装置としては、特公平3-4429号公報に示すようなものが挙げられる。ここでは、目標運動状態量をヨー角加速度 $d d \psi_M$ 、ヨー角速度 $d \psi_M$ とする。

【0058】

【式17】

$$I_{zM} \cdot d d \psi_M(t) = 2 \cdot L_{FM} \cdot C_{FM} - 2 \cdot L_{RM} \cdot C_{RM} \quad \dots (22)$$

$$M_M \cdot d v_{yM} = 2 \cdot L_{FM} \cdot C_{FM} - 2 \cdot L_{RM} \cdot C_{RM} \quad \dots (23)$$

$$C_{FM} = e K_{FM} \cdot \left(\frac{\theta}{N_M} - \frac{v_{yM} + L_{FM} \cdot d \psi_M}{v} \right) \quad \dots (24)$$

$$C_{RM} = K_{RM} \cdot \left(-\frac{v_{yM} - L_{RM} \cdot d \psi_M}{v} \right) \quad \dots (25)$$

ただし、

I_{zM} ; 目標車両モデルのヨー慣性モーメント

M_M ; 目標車両モデルの質量

L_{FM} ; 目標車両モデルの前車軸から重心点までの距離

L_{RM} ; 目標車両モデルの後車軸から重心点までの距離

$e K_{FM}$; 目標車両モデルの前輪等価コーナリングパワー

K_{RM} ; 目標車両モデルの後輪コーナリングパワー

C_{FM} ; 目標車両モデルの前輪コーナリングフォース

C_{RM} ; 目標車両モデルの後輪コーナリングフォース

N_M ; 目標車両モデルのステアリングギア比

$d v_{yM}$; 目標車両モデルの横方向加速度

v_{yM} ; 目標車両モデルの横方向速度

状態の定常ヨーレートゲインを比較し、前後輪タイヤのコーナリングパワー $He K_F$ 、 HK_R を決定する。タイヤ性能データのマップや摩擦円とブレーキ力制御の制駆動力情報を用いて、制駆動力で決まる前後タイヤが出力できる最大のコーナリングフォースを算出する。この際、制駆動力と前後方向の加速度等により推定した路面摩擦係数 μ_H を用いる。以下に摩擦円の概念で、前後タイヤの最大コーナリングフォース $C_{F(or R)max}$ を算出する方法を記す。

【0057】

【式16】

また、ここで、目標車両モデルの前後輪コーナリングパワーの値を、自車の前後輪コーナリングパワーの推定値に応じて変化させても良い。

【0059】[後輪舵角指令値演算について] 後輪舵角指令値演算部512では、目標ヨー角加速度 $d d \psi_M$

と、目標ヨー角速度 $d \psi_M$ と、予め実験により求めた自車両モデルにより、後輪舵角指令値 δ_{RC} を下記の式に基づき算出する。

【0060】

【式18】

$$d v_{yS} = \frac{2 \cdot (C_{FS} + C_{RS})}{M_S} \cdot v \cdot d \psi_M \quad \dots (26)$$

$$C_{FS} = He K_{FS} \cdot \left(\frac{\theta}{N_S} - \frac{v_{yS} + L_{FS} \cdot d \psi_M}{v} \right) \quad \dots (27)$$

$$C_{RS} = \frac{I_{RS} \cdot d d \psi_M - 2 \cdot L_{FS} \cdot C_{FS}}{2 \cdot L_{RS}} \quad \dots (28)$$

$$\beta_{RS} = \frac{C_{RS}}{HK_R} \quad \dots (29)$$

$$\delta_{RC} = \beta_{RS} + \frac{v_{yS} - L_{RS} \cdot d \psi_M}{v} \quad \dots (30)$$

ただし、

I_{zS} ; 自車両モデルのヨー慣性モーメント

M_S ; 自車両モデルの質量

L_{FS} ; 自車両モデルの前車軸から重心点までの距離

L_{RS} ; 自車両モデルの後車軸から重心点までの距離

$He K_F$; 自車両の前輪等価コーナリングパワー推定値

HK_R ; 自車両の後輪コーナリングパワー推定値

C_{FS} ; 自車両モデルの前輪コーナリングフォース

C_{RS} ; 自車両モデルの後輪コーナリングフォース

N_S ; 自車両モデルのステアリングギア比

$d v_{yS}$; 自車両モデルの横方向加速度

v_{yS} ; 自車両モデルの横方向速度

ここで、先に算出された最大コーナリングフォースにより、自車両モデルのコーナリングフォースの計算値を制

限する。

【0061】自車両モデルの前輪コーナリングフォース

$$C_{Fs} < C_{F,\dots}; C_{Fs} = C_{Fs}$$

$$C_{Fs} \geq C_{F,\dots}; C_{Fs} = C_{F,\dots}$$

自車両モデルの後輪コーナリングフォース

$$C_{Rs} < C_{R,\dots}; C_{Rs} = C_{Rs}$$

$$C_{Rs} \geq C_{R,\dots}; C_{Rs} = C_{R,\dots}$$

〔後輪舵角制御について〕後輪舵角制御部 5 1 3 では、後輪舵角指令値 δ_{rc} が実後輪舵角 δ_{rs} に所定の伝達関数で一致するように後輪転舵アクチュエータ 2-2 を制御する。

【0062】次に、効果を説明する。

【0063】上記の制御を実行することにより、四輪操舵制御に制動力や路面摩擦係数変化が反映されることになり、先行出願である特願平 1 0 - 2 6 6 5 4 2 号の出願のようなブレーキ制御だけによる車両に比べ車両平面運動性能が向上する。

【0064】図 5 にブレーキ力配分制御無しの前輪操舵車での高 μ 路におけるヨーレートのゲイン・位相の周波数応答特性のシミュレーション結果を示し、図 6 に低 μ 路等において定常ヨーレートゲインブレーキ制御をした車両でのヨーレートのゲイン・位相の周波数応答特性のシミュレーション結果を示し、図 7 に高 μ 路での通常走行状態の操舵応答シミュレーション結果と低 μ 路での定常ヨーレートゲインブレーキ制御状態の操舵応答シミュレーション結果との比較特性図を示す。

【0065】この図 5 と図 6 のヨーレートゲイン特性を比較すると、ブレーキのみで定常ヨーレートゲインを制御した車両は、操舵周波数が高いほど位相の低下が見られ、ゲインが低下する周波数も低い。そして、図 7 の操舵応答シミュレーション結果との比較から、定常ヨーレートゲインブレーキ制御の車両は、高 μ 路の通常走行時の車両特性に比べ明らかにダンピング特性が悪化していることが確認できる。

【0066】次に、図 8 に定常ヨーレートゲインブレーキ制御のみと、定常ヨーレートゲインブレーキ制御 + 四輪操舵によるダンピング制御の併用による操舵応答の比較シミュレーションを行った結果を示す。なお、四輪操舵を付加した車両については、自車のタイヤ状態に応じて目標車両モデルを適正に変更した仕様と、目標車両と自車両の両方のモデルを変更する仕様である。

【0067】この図 8 から四輪操舵によるダンピング制御を付加した本願発明は、定常ヨーレートゲインブレーキ制御のみに比べて、収束性を向上させることや、収束性は同等で応答性を向上させることが分かる。

【0068】以上のシミュレーション結果により、四輪操舵によるダンピング制御を付加した本願発明は、定常ヨーレートゲインブレーキ制御のみによる問題点を解決している。つまり、通常の走行状態と変わらないヨーレートのダンピング特性により運転者に操舵違和感を与え

ることなく、旋回限界走行領域においてもドライバーの操舵入力に対して所望のヨーレート出力が得られる車両運動制御装置を提供することができる。

【0069】（その他の実施の形態）この実施の形態 1 は、ブレーキ力配分制御部 5 0 3 にてブレーキ力の前後配分制御の例を示したが、ブレーキ力の左右配分でも、また、ブレーキ力の前後配分 + 左右配分でも、さらには、車両の状態に応じて前輪内輪と後輪外輪等のように各輪のブレーキ圧を制御する例としてもよい。

【0070】ブレーキ力の左右配分の場合、アンダーステア傾向の場合は旋回内輪にブレーキをかけることで、内向きモーメントを発生させてアンダーステアを抑える。また、オーバーステア傾向の場合は旋回外輪にブレーキをかけることで、外向きのモーメントを発生させてオーバーステアを抑える。

【0071】ブレーキ力の前後配分 + 左右配分の場合、特願平 1 0 - 2 6 6 5 4 2 号出願の実施の形態 2 に記載したように、前後配分と左右配分の組み合わせによるブレーキ力配分制御、即ち、アンダーステア傾向またはオーバーステア傾向が小さい（目標ヨーレートゲインとヨーレートゲイン推定検出値の偏差の絶対値が小さい）場合は、前後のブレーキ力配分を行ない、アンダーステア傾向またはオーバーステア傾向が大きい（目標ヨーレートゲインとヨーレートゲイン推定検出値の偏差の絶対値が大きい）場合は、左右のブレーキ力配分を行なう。

【0072】各輪のブレーキ圧制御の場合、前後配分や左右配分に比べ、さらに滑らかで効果の大きい制御を行なうことが可能である。

【0073】実施の形態 1 では、目標ヨーレートゲイン設定部 5 0 2 にて車両のスタビリティファクタが常に一定となるように車速に応じて目標ヨーレートゲインを設定する例を示したが、横加速度に応じて目標ヨーレートゲインを設定する例としても、また、車速と横加速度に応じて目標ヨーレートゲインを設定する例としても良い。さらに、好みのスタビリティファクタ特性に応じて目標ヨーレートゲインを設定する例としても良い。

【0074】

〔発明の効果〕請求項 1 記載の発明にあっては、ヨーレートゲインを推定検出し、その検出値が目標ヨーレートゲインと一致するようにブレーキ力配分制御を行う車両運動安定制御部と、ブレーキ力配分制御によるタイヤのコーナリングフォース等の情報に基づき車両のヨー及び横方向の運動を制御する四輪操舵制御部を備える構成としたため、通常の走行状態と変わらないヨーレートのダンピング特性により運転者に操舵違和感を与えることなく、旋回限界走行領域においてもドライバーの操舵入力に対して所望のヨーレート出力を得ることができる。

【0075】請求項 2 記載の発明にあっては、請求項 1 記載の車両運動制御装置において、目標運動状態量演算手段を、ヨーレートゲイン推定検出値とタイヤ情報に基

づき目標運動状態量の係数を決定し、これらの係数が反映した目標運動モデルと、車速検出値と、操舵角検出値により目標運動状態量を演算する手段としたため、請求項 1 記載の発明の効果に加え、ヨーレートゲイン情報とタイヤ情報を取り込んだ目標運動状態量を演算することができる。

【0076】請求項 3 記載の発明にあっては、請求項 1 または請求項 2 記載の車両運動制御装置において、路面の摩擦係数を検出する路面摩擦係数検出手段を設け、タイヤ情報演算手段を、路面摩擦係数検出値と、各輪のブレーキ力と、予め測定したタイヤデータに基づき車両の運動情報に関わるタイヤ情報を演算する手段としたため、請求項 1 または請求項 2 記載の発明の効果に加え、路面摩擦係数が考慮されたタイヤ情報を演算することができる。

【0077】請求項 4 記載の発明にあっては、請求項 1 または請求項 3 記載の車両運動制御装置において、路面の摩擦係数を検出する路面摩擦係数検出手段を設け、目標運動状態量演算手段を、路面摩擦係数検出値とヨーレートゲイン推定検出値とタイヤ情報に基づき目標運動状態量の係数を決定し、これらの係数が反映した目標運動モデルと、車速検出値と、操舵角検出値により目標運動状態量を演算する手段としたため、請求項 1 または請求項 3 記載の発明の効果に加え、路面摩擦係数情報とヨーレートゲイン情報とタイヤ情報を取り込んだ目標運動状態量を演算することができる。

【0078】請求項 5 記載の発明にあっては、請求項 1 または請求項 2 または請求項 4 記載の車両運動制御装置において、路面の摩擦係数を検出する路面摩擦係数検出手段を設け、タイヤ情報演算手段を、路面摩擦係数検出値と、各輪のブレーキ力と、各輪荷重と、検出された路面摩擦係数における最大加速度とにより、円の方程式を用いてタイヤの最大コーナリングフォースを演算する手段としたため、請求項 1 または請求項 2 または請求項 4 記載の発明の効果に加え、路面摩擦係数が考慮された最大コーナリングフォースをタイヤ情報として演算することができる。

【0079】請求項 6 記載の発明にあっては、請求項 1 または請求項 2 または請求項 4 記載の車両運動制御装置において、路面の摩擦係数を検出する路面摩擦係数検出手段を設け、タイヤ情報演算手段を、路面摩擦係数検出値と、各輪のブレーキ力と、各輪荷重と、検出された路面摩擦係数における最大加速度と、予め測定したタイヤの最大前後力と横力の比により、楕円の方程式を用いてタイヤの最大コーナリングフォースを演算する手段とし

ため、請求項 1 または請求項 2 または請求項 4 記載の発明の効果に加え、タイヤの最大前後力とタイヤの最大横力と路面摩擦係数が考慮された最大コーナリングフォースをタイヤ情報として演算することができる。

【図面の簡単な説明】

【図 1】本発明の車両運動制御装置を示すクレーム対応図である。

【図 2】実施の形態 1 の車両運動制御装置を示す全体システム図である。

【図 3】実施の形態 1 の車両運動制御装置を示す制御ブロック図である。

【図 4】実施の形態 1 の車両運動制御装置での目標ヨーレートゲインの設定方法を示す図である。

【図 5】実施の形態 1 の車両運動制御装置でブレーキ力配分制御無しの前輪操舵車での高 μ 路におけるヨーレートのゲイン・位相の周波数応答特性のシミュレーション結果を示す図である。

【図 6】実施の形態 1 の車両運動制御装置で低 μ 路等において定常ヨーレートゲインブレーキ制御をした車両でのヨーレートのゲイン・位相の周波数応答特性のシミュレーション結果を示す図である。

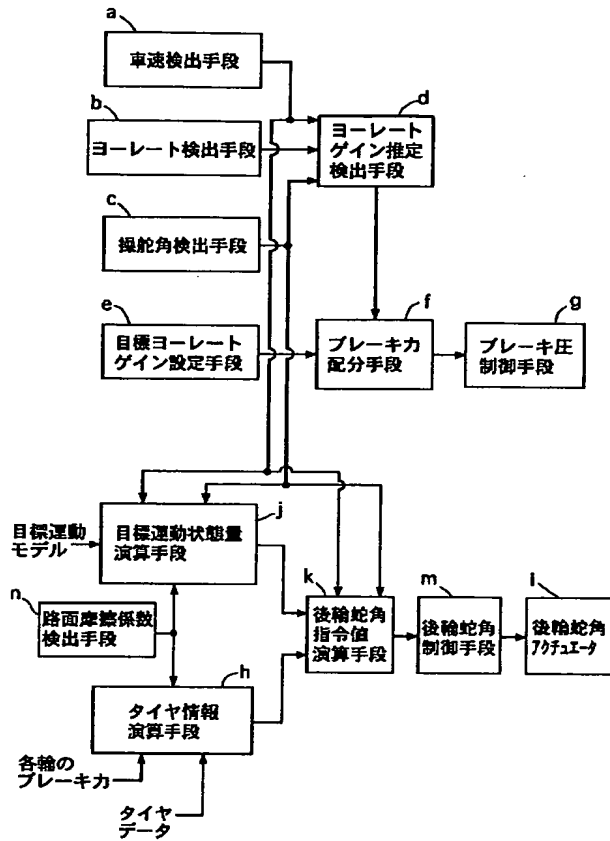
【図 7】実施の形態 1 の車両運動制御装置で高 μ 路での通常走行状態の操舵応答シミュレーション結果と低 μ 路での定常ヨーレートゲインブレーキ制御状態の操舵応答シミュレーション結果との比較特性図である。

【図 8】実施の形態 1 の車両運動制御装置で定常ヨーレートゲインブレーキ制御のみと、定常ヨーレートゲインブレーキ制御＋四輪操舵によるダンピング制御の併用による操舵応答の比較シミュレーションを行った結果を示す図である。

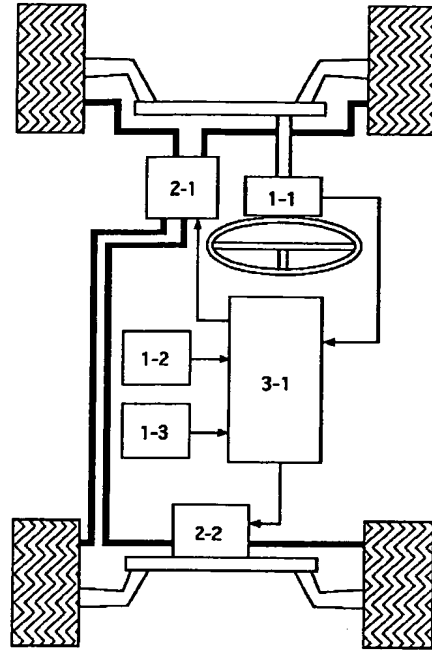
【符号の説明】

- a 車速検出手段
- b ヨーレート検出手段
- c 操舵角検出手段
- d ヨーレートゲイン推定検出手段
- e 目標ヨーレートゲイン設定手段
- f ブレーキ力配分手段
- g ブレーキ圧制御手段
- h タイヤ情報演算手段
- i 後輪転舵アクチュエータ
- j 目標運動状態量演算手段
- k 後輪舵角指令値演算手段
- m 後輪舵角制御手段
- n 路面摩擦係数検出手段

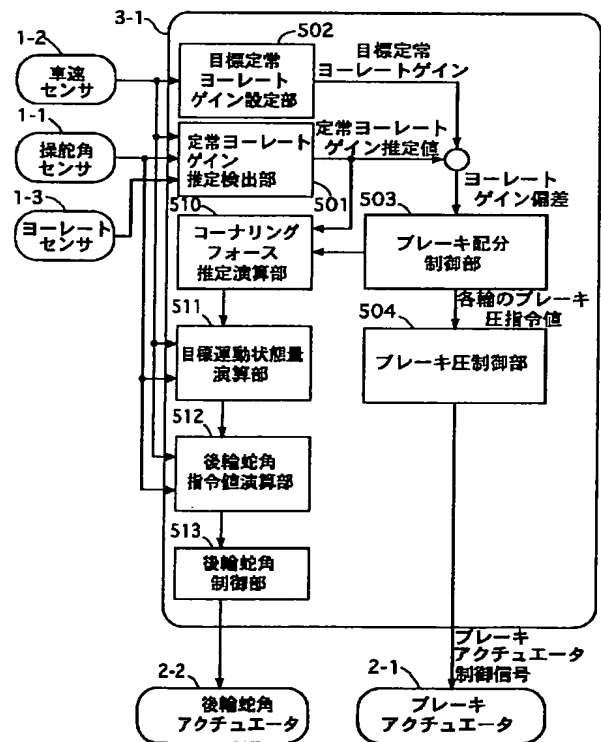
【図 1】



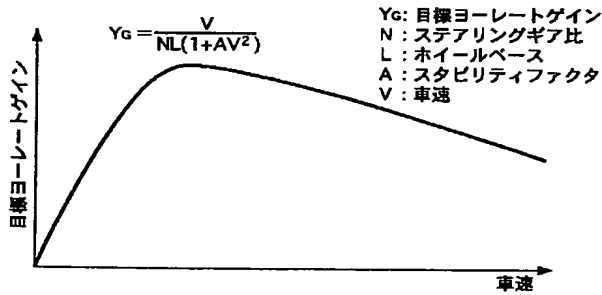
【図 2】



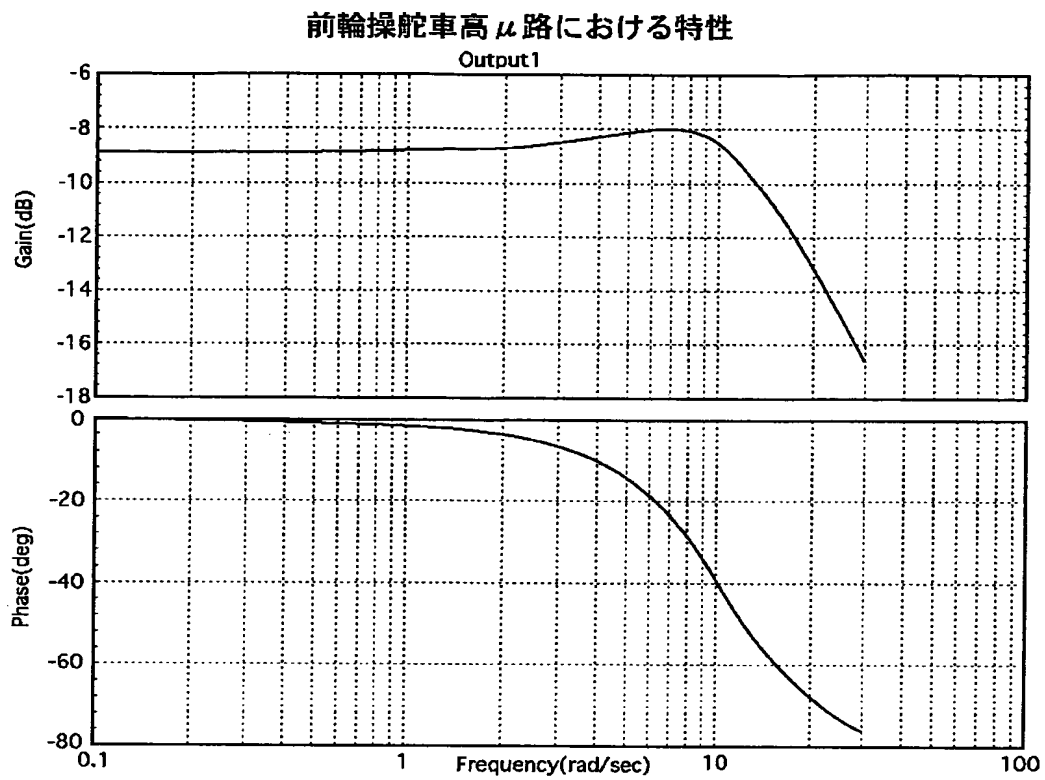
【図 3】



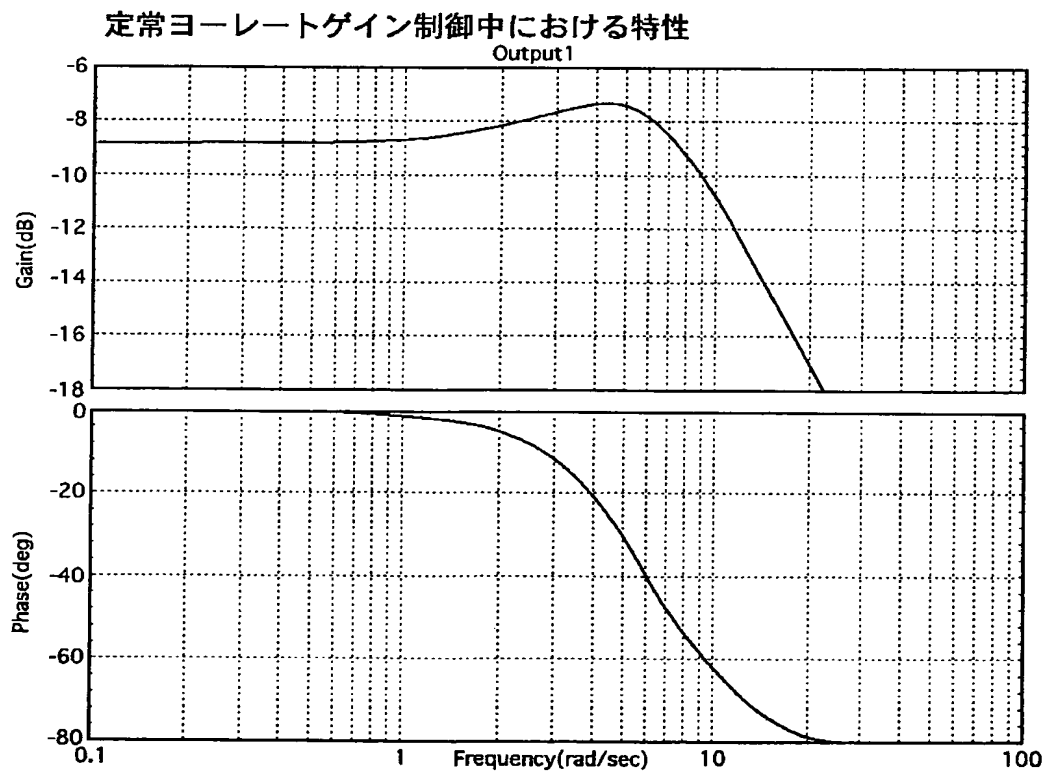
【図 4】



【図 5】



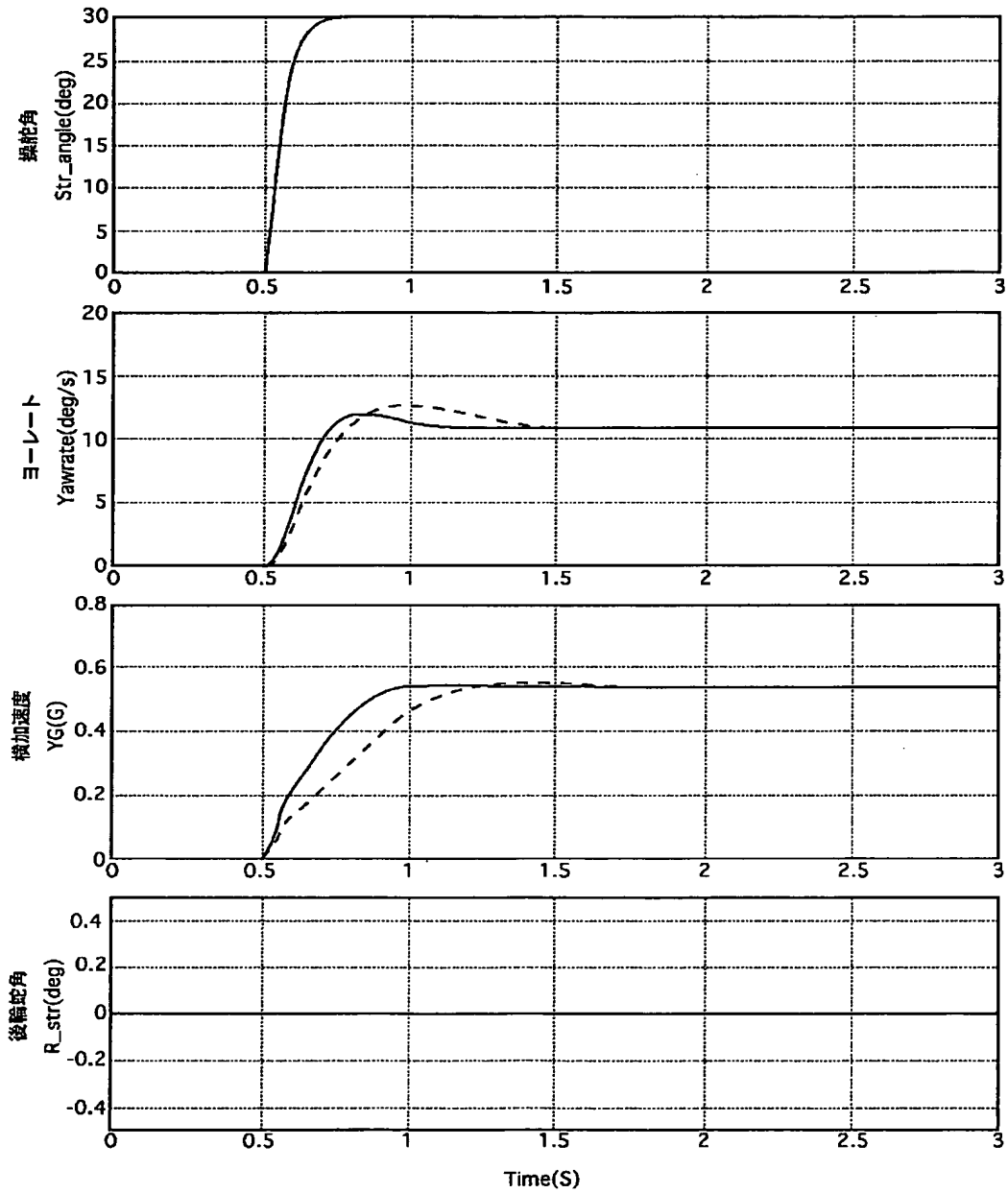
【図 6】



【図 7】

操舵応答シミュレーション結果

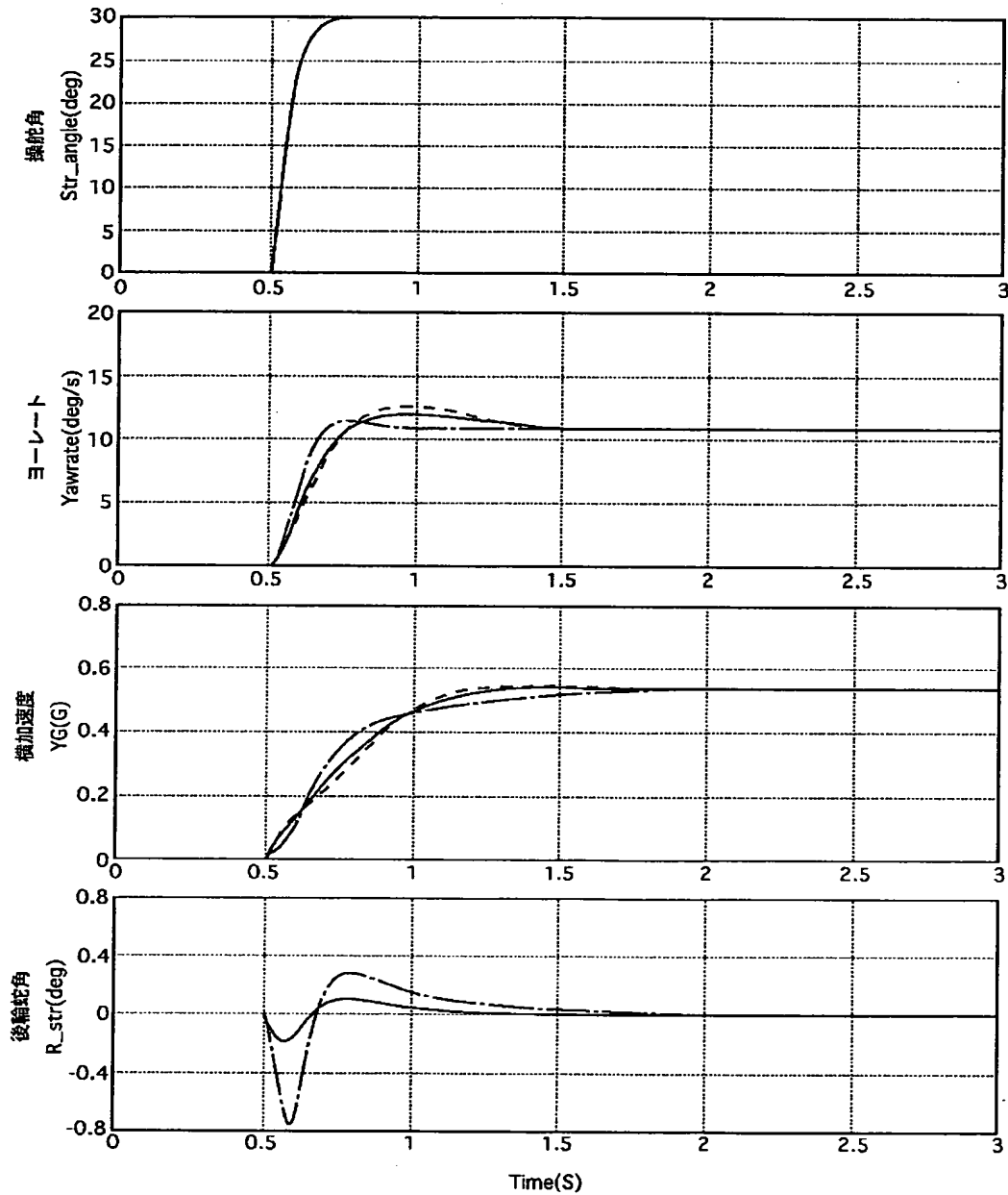
—— 高 μ 路 通常走行状態
- - - 低 μ 路 定常ヨーレートゲイン(ブレーキ)制御



【図8】

操舵応答シミュレーション結果

- - - - - 定常ヨーレートゲイン (ブレーキ) 制御
 ————— 定常ヨーレートゲイン制御+4WS(目標車両モデル変更)
 - - - - - 定常ヨーレートゲイン制御+4WS
 (目標車両モデル, 自車両モデル変更)



フロントページの続き

(51) Int. Cl.⁷

識別記号

F I

テーマコード (参考)

B 6 2 D 113:00

Fターム (参考) 3D032 CC08 CC12 DA03 DA23 DA46
DA82 DA99 DD02 DD06 DD08
EA06 EB04 FF01 GG01
3D041 AA40 AA66 AB01 AC00 AC26
AD41 AD47 AD50 AD51 AE00
AE41 AF01
3D045 BB40 GG00 GG26 GG27
3D046 BB21 GG10 HH00 HH08 HH22
HH29 HH46